



Рис. 4 Залежність активної (а) та реактивної (б) складових адмітансу дуже твердої води від частоти

### Висновки

Для оперативного контролю твердості питної води слід використовувати електрохімічні методи, а саме – імпедансний метод.

За графіками залежності реактивної складової адмітансу від частоти, а саме за характером зміни, можна контролювати граничну допустиму норму твердості води, що встановлена ДСанПІНом [1].

**Список літератури:** 1. Державні санітарні правила і норми "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання" №383. 2. Ковалёв В. Общая жесткость аквариумной воды // Живая Вода. 2001. 3. Є.Походило, О. Гонсьор. Контроль якості питної води за електричними параметрами // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2008.- №68. – С.237 – 242.

*Поступила в редколлегию 01.10.2010*

**УДК 631. 362**

**В.М. ЛУК'ЯНЕНКО**, канд. техн. наук; доцент, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

**О.О. ЖИЛІНА**, ст. викл., Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

**В.М. КІСЬ**, заст. Гол. Харківської районної держадміністрації, канд. техн. наук

### АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ НИЗЬКОЧАСТОТНОЇ ВІБРАЦІЇ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ ОПЕРАТОРА МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Стаття присвячена знаходженню шляхів для визначення ефективного методу зниження рівня низькочастотної вібрації на робочому місці оператора мобільних сільськогосподарських машин.

Статья посвящена нахождению путей для определения эффективного метода снижения уровня низкочастотной вибрации на рабочем месте оператора мобильных сельскохозяйственных машин.

**Постановка задачі.** Сидіння для самохідних машин і тракторів повинні бути виконані так, щоб додатково понизити дії коливань оператора, тобто мати віброзахисну підвіску, що встановлюється між джерелом вібрації (підлога кабіни) і об'єктом віброізоляції (оператор).

Проте підвіска остову сидіння в тракторах і інших самохідних машинах з ряду причин (компонувальних, конструктивних, технологічних, експлуатаційних) не забезпечує

при збільшених швидкостях руху машини необхідного рівня низькочастотної вібрації на робочому місці оператора.

**Наукова новизна.** Синтез системи віброзахисту з використанням основних чинників, що впливають на рівень коливань (жорсткість підвіски з лінійними і нелінійними характеристиками пружних елементів, сил сухого тертя і рідинного демпфування, ходу підвіски) тракторів Т-150К і Т-150КМ дозволить забезпечити необхідний рівень низькочастотної вібрації на робочому місці оператора.

Найбільш поширені на самохідних машинах сидіння з пасивними підвісками, що сприймають сили і моменти, які передаються від підлоги кабіни сидінню за допомогою трьох елементів: пружного, гасильного і направляючого.

**Аналіз останніх публікацій** показав, що при розрахунку параметрів пасивної підвіски серійного сидіння тракторів Т-150К і модифікацій не враховувався вплив на рівень коливань таких факторів, як сила сухого тертя, демпфування, хід підвіски і поєднання їх при різних варіантах вхідної дії.

**Мета.** Визначення оптимального методу розрахунку пасивних механічних підвісок сидінь операторів мобільних сільськогосподарських машин.

**Вказана мета досягається** шляхом розрахунку коливальних систем при випадковій збуджуючій дії. Для опису вхідних дій і реакції віброзахисної системи використовується спектральна щільність прискорень або переміщень, ефективність роботи оцінюється передавальними функціями.

Питання синтезу віброзахисних систем розглянуті в роботі В.П. Рослякова [1].

Виходячи із запропонованої в [1] класифікації, під інженерним синтезом системи мається на увазі створення системи, що забезпечує оптимальне значення критерію якості її роботи шляхом зміни параметрів системи в допустимих конструкцією межах і рекомендується наступна його послідовність:

- 1) формулювання критерію якості;
- 2) вибір раціональної конструкції системи, що задовольняє додатковим (не пов'язаним з критерієм якості) умовам (технологічність, ступінь уніфікації, простота експлуатації, вартість і так далі);
- 3) визначення допустимих меж зміни параметрів;
- 4) визначення збуджуючої дії (вхідних величин);
- 5) визначення динамічних властивостей системи в цілому і її окремих ланок;
- 6) оцінка впливу різних параметрів на критерій оптимальності і оптимізація параметрів системи;
- 7) проектування оптимальної системи і її випробування;

Крім того, питання синтезу віброзахисних систем з урахуванням накладених обмежень розглядаються в роботах Волошина П.Л., Фалєєвої Е.Н. [2], Ганієва Р.Ф. і Фролова К.В. [3], Жигарєва В.П. і ін. [4], Ларіна В.Б. [5], Силаєва А.В. [6].

Необхідно відзначити, що для віброзахисної підвіски тракторного сидіння найбільш характерним виглядом збуджуючої дії є кінематична, тобто випадок, коли віброізолювана маса отримує зсув в результаті коливань основи (підлоги кабіни) в місці кріплення підвіски сидіння. Методи розрахунку коливань лінійної одномасової системи при кінематичній синусоїдальній дії розроблені Дзе Ф.С. із співавторами [7], Добріковим Б.А., Пілатовим Г.А., Целіковим Ю.П., Шуваловим Е.А. [8, 9], Аніловічем В.Я. [10].

Проте в даних моделях не враховувався такий невід'ємний чинник конструкції підвіски, як сухе тертя в шарнірах. Крім того, необхідно враховувати нелінійний характер пружних сил, обумовлений наявністю жорстких і пружних упорів, застосуванням нелінійних пружних елементів.

Аналітичному дослідженню коливальних систем з сухим тертям і нелінійними характеристиками поновлюючої сили присвячені роботи Буніна Н.І. і Ліпської М.Е. [11, 12], Ротенберга Р.В. [13], Рослякова В.П. [11], Маліновського Е.Ю. і Гайцгорі М.М. [14], Вульфсона І.І. і Коловського М.З. [15]. У цих роботах розглядаються моделі систем з пружними елементами, що мають кусочно-лінійні характеристики. Такі характеристики мають більшість реальних систем. Для можливості аналітичного вирішення диференціальних рівнянь, що описують коливання нелінійних систем, проводиться гармонійна лінеаризація нелінійних членів рівняння. В той же час в роботі [15] показано, що кусочно-лінійні характеристики не можуть бути лінеаризовані поблизу точок зламу.

Одним з шляхів синтезу оптимальних віброзахисних систем є введення додаткових структурних елементів, що поліпшують якість віброзахисту.

Зміні властивостей механічних систем при накладенні додаткових зв'язків присвячені роботи Елісєєва С.В. і Баландіна О.А. [16], Розенберга Д.Е. і ін. [17], Чихладзе З.Б. [18].

Динамічні властивості таких систем оцінювалися по їх амплітудно-частотних характеристиках. Аналіз результатів розрахунку, приведений в роботі [16] показав, що такі системи дають значне зниження рівня коливань в одній точці частотного діапазону і значне збільшення в останніх, можливість виникнення другого резонансу і ускладнення підвісу.

Слід зазначити, що всі аналітичні залежності, з описаних вище методів розрахунку, отримані в припущенні, що коливання на вході підвіски змінюються по гармонійному закону, хоча реальний процес збуджуючої дії, в загальному випадку, є випадковим.

Методи розрахунку коливальних систем при випадковій збуджуючій дії розглядаються в роботах Маслова І.Т. [19, 20], Ларіна В.Б. [5], Синева А.В. [21] і інших авторів [22-29].

Для опису вхідних дій і реакції віброзахисної системи використовується спектральна щільність прискорень або переміщень, ефективність роботи оцінюється передавальними функціями [30].

Прискорення на подушці сидіння розраховуються по залежності:

$$\ddot{z}_c^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_c(\omega) / \Phi_c(j\omega)^2 d\omega, \quad (1)$$

де  $S_c(\omega)$  - спектральна щільність прискорень точки остову в місці установки сидіння;  $\Phi_c(j\omega)$  - модуль передавальної функції сидіння.

Питання отримання оптимальних передавальних функцій розглядаються в роботі [21].

Однією з важливих причин низької ефективності віброзахисту шляхом підресорювання сидіння оператора є відсутність можливості пов'язати при розрахунку параметри сидіння і трактора в цілому.

Таке положення виникло через відсутність об'єктивних даних про спектральний склад і рівні коливань на вході підвіски сидіння за різних умов експлуатації трактора з урахуванням збуджуючої дії ґрунтового-дорожніх фонів.

**Висновки.** Синтез системи віброзахисту з використанням основних чинників, що впливають на рівень коливань (жорсткість підвіски з лінійними і нелінійними характеристиками пружних елементів, сил сухого тертя і рідинного демпфування, ходу підвіски) при обліку спектральних характеристик і рівнів коливань тракторів Т-150К і Т-150КМ дозволить реалізувати раціональні параметри в пасивній підвісці, конструктивно і технологічно достатньо простій і економічній.

**Список літератури:** 1. Росляков В.П. Теория колебаний и устойчивости колесных машин при случайных возмущениях. Дис. ... д-ра техн. наук, -Курск, 1969, - 299 с. 2. Волошин П.Л., Фалеев

ва Е.Н. К вопросу оптимизации параметров подвески колесного трактора. - Тракторы и с.х. машины, 1974, № 3, с. 1-4. 3. Ганиев Р.Ф., Фролов К.В. К задаче виброамортизации приборов и машин в нелинейной постановке. - В кн.: Колебания и устойчивость машин, приборов и элементов систем управления. - М.: Наука, 1968. - 222 с. 4. Жигарев В.П. Определение оптимальной передаточной функции подвески транспортных машин. - Труды МАДИ, 1974, вып. 91. Устойчивость управляемого движения автомобиля. 5. Ларин В.Б. Статистические задачи виброзащиты. - Киев: Наукова думка, 1974. - 127 с. 6. Силаев А.В. Спектральная теория поддрессирования транспортных машин. - М.: Машиностроение, 1972. - 190 с. 7. Дзе Ф.С., Морзе И.Е., Хинкл Р.Т. Механические колебания. - М.: Машиностроение, 1966, с.80-82. 8. Добряков Б.А., Целиков Ю.П., Шувалов Е.А. Выбор параметров поддрессирования сиденья тракториста. - Сборник трудов научно-технической конференции. Автомобильный транспорт. Сер. Автомобили и двигатели, вып. ХУП. Хабаровск, 1970, с.54-61. 9. Пилатов Г.А., Добряков Б.А., Целиков Ю.П. Снижение интенсивности низкочастотных колебаний, действующих на водителя при работе на мощных колесных тракторах. Записки ЛСХИ, Л., 1969, т.13. Механизация сельскохозяйственного производства, с. 112-122. 10. Анилович В.Я. Метод расчета колебаний скоростных тракторов при езде по неровностям. - Тракторы и сельхозмашины, 1963, № 12, с. 7 - 10, 1965, № 6, с. 15-18. 11. Бунин Н.И., Липская М.Э. Методы расчета низкочастотных колебаний рабочих мест колесных тракторов. Методика. - М.: ВНИИНАШ, 1971. - 51 с. 12. Липская М.Э. О поведении нелинейной колебательной системы при гармоническом возбуждении. -Изд. АН СССР. Сер. машиноведение, 1977, № 3, с. 22-24. 13. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. -М.: Машиностроение, 1972. -300 с. 14. Малиновский Е.Ю., Гайцгори М.М. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой. - М.: Машиностроение, 1974. - 94 с. 15. Вульфсон И.И., Коловский М.З. Нелинейные задачи динамики машин. - Л.: Машиностроение, 1968. - 282 с. 16. Елисеев С.А., Баландин О.А. О влиянии связей по ускорению на динамические свойства механических систем. - Изд. АН СССР. Сер. Машиноведение, 1974, № 2, с.16-19. 17. Розенберг Д.Е., Синев А.В., Степанов Ю.В. Оценка предельных возможностей виброзащиты человека - оператора для некоторых схем поддрессирования тракторных сидений. - Изд. АН СССР. Сер. Машиноведение, 1977, № 2, с. 34-40. 18. Чихладзе З.В. Определение виброзащитных свойств поддрессированных сидений с учетом динамических характеристик тела человека-оператора. - Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1977. - 148с. 19. Маслов И.Т. Выбор характеристик поддрессорирующей системы сиденья автомобиля при случайных нагрузках. - Автомобильная промышленность, 1976, № 9, с. 19-20. 20. Маслов И.Т. Расчет нелинейной подвески сиденья автомобиля при случайных возмущениях. - Автомобильная промышленность, 1976, № 7, с. 27-28. 21. Синев А.В. Оптимальные спектральные плотности входных случайных воздействий для пассивных и активных виброзащитных систем. - Машиноведение, 1973, № 1, с. 14-20. 22. Нахтигаль М.Г. Исследование поддрессирования сиденья колесного трактора при случайных возмущениях: Автореф. ... дис. ... канд. техн. наук. - Воронеж, 1970. - 18 с. 23. Анилович В.Я. Статистическая теория поддрессирования машинно-тракторных агрегатов: Автореф. ... дис. ... д-ра техн. наук, М.: 1967, 36 с. 24. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. 2-е изд., перераб. и дополн. - М.: Колос, 1981, -382с. 25. Анилович В.Я. Анализ и синтез систем поддрессирования машинных агрегатов при случайных воздействиях. - Труды семинара по теории механизмов и машин. Харьков: изд-во ХГУ, 1966, вып. 2, - 138 с. 26. Гольдштейн В.Д. Снижение низкочастотных колебаний рабочего места оператора свеклоуборочного комбайна.: Автореф, ...дис. ... канд. техн. наук, - М.: 1977, 18 с. 27. Росляков В.П., Сверчков В.П. Случайные колебания колесного трактора под влиянием микрорельефа. - Труды Курского СХИ, Курск, 1969, вып. 5, с. 133-139. 28. Сверчков В.П. К вопросу о спектре вертикальных колебаний колесного трактора. - Труды Курского СХИ. Курск, 1969, вып. 5, с. 133-139. 29. Заяц Я.И. Исследование колебаний водителей сельскохозяйственных тракторов при движении по полям случайных профилей и проблемы эффективности виброзащиты. - В кн.: Влияние вибрации различных спектров на организм человека и проблемы вибрации. М.: Наука, 1972, с. 13-17. 30. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактора. - М.: Машиностроение, 1973. - 280 с.

*Поступила в редколлегию 01.10.2010*

**УДК 004.9:378.1**